

PCT World Organization for Intellectual Property.

International Patent Application published according to the Agreement on the International Cooperation in the Field of Patent Matters (PCT).

International Patent Classification⁵: G 02 B 5/124 A1
International Publication Number: WO 94/ 18581
International Publication Date: Aug. 18, 1994
International File No.: PCT/EP 93/ 01868
International Filing Date: July 16, 1993
Priority Dates: P 43 02 631.1, Jan. 30, 1993, DE

Applicant: (for all Member States except US)

NUCLEAR RESEARCH CENTER KARLSRUHE, Ltd.
D-76133 Karlsruhe (DE)

Inventors/ Applicant (for US only):

BOHN, Lothar, D-76707 Hambrücken (DE),
WEINBRECHT, Bruno, D-75203 Königsbach-Stein (DE),
SCHALLER, Thomas, D-76356 Weingarten (DE),
BIER, Wilhelm, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE),
SCHUBERT, Klaus, D-76227 Karlsruhe (DE)

Representative:

RÜCKERT, Friedrich, Nuclear Res. Center Karlsruhe
5 Weber-Street, D-76133 Karlsruhe (DE)

Member States:

JP, US,
European Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR,
IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Published:

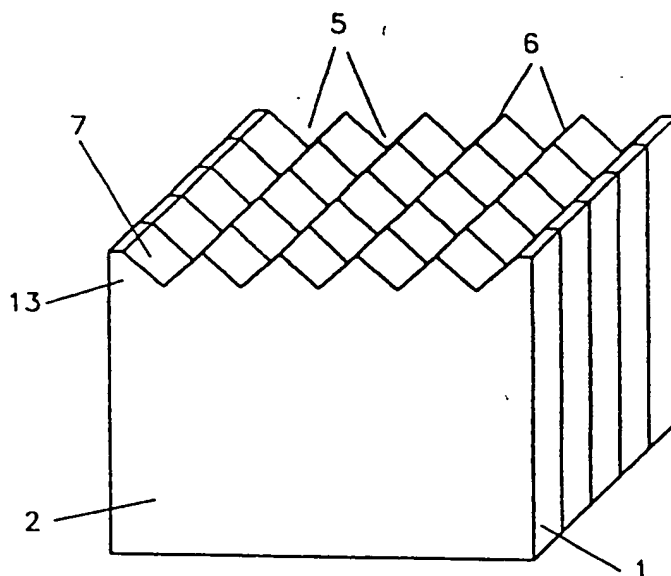
With International Search Report

Title: **A Shaping Tool, a Process for its Preparation and a Triple Mirror**

Abstract

The invention deals with a shaping tool for the production of a triple mirror

- a) with a shaping side (7), on which structural elements (5,6) are provided in a periodically repeated manner and in a plane in the form of three abutting surfaces of a cube, whereby the spatial diagonals of the cubes are perpendicularly aligned relative to the plane;
- b) which is composed of a number of lamellas (1) having a thickness (d) with two plane side surfaces and a stepped edge region, in which a plurality of vertically superimposed square sides with a side length (d) are formed as a part of the structural elements;
- c) the side surfaces of the lamellas are interconnected and the edge regions of the lamellas adjoin one another;
- d) each lamella is staggered by $d/\sqrt{2}$ in relation to the neighboring lamellas and
- e) forms an angle $\alpha = 54.736$ with the plane. The invention also deals with a process for producing this kind of a shaping tool, in which a stack of lamellas (1) is ground into triangular grooves, and novel triple mirrors with cubic structural elements are formed, whereby the edge length of these cubes is shorter than $500\text{ }\mu\text{m}$.



A Shaping Tool, a Process for its Preparation and a Triple Mirror

The invention deals with a shaping tool for preparing a triple mirror and with a process for its preparation according to the claims 1 and 6, and also with a triple mirror according to the generic term of claim 10.

Triple mirrors are used as reflectors at vehicles, in warning signs for warning road-traffic and for many other purposes. An essential criterion of triple mirrors deals with the fact, that an incident light-beam - besides a minor lateral scattering - will be retro-reflected in itself independent from the angle of incidence. (See Encyclopedia of Physics, Franckh's Publisher Stuttgart, Keyword "Triple Mirror"). For assuring this kind of light-reflection, the triple mirrors contain a plurality of periodically repeated structural elements, which are arranged in a plane in a 2-dimensional manner and at a constant spacing to each other. The structural elements are composed of several, mostly three surface areas, arranged normal to each other. Mostly, these surface areas are formed by three abutting squares of a cube, whereby the spatial diagonals of the cubes extend perpendicularly relative to the plane of the triple mirror. The three abutting squares are connected to each other by a common corner, whereby in each case, two of the squares have a common edge.

This kind of a triple mirror, which corresponds to a triple mirror of the aforementioned kind, has been described in DE 41 21 514 A1. This triple mirror is composed of a plurality of individual mirror elements. However, this kind of a process of preparation is not suited for an economical mass-production of triple mirrors.

Usually, triple mirrors of the aforementioned kind are prepared by means of die-casting tools. The tools consist of a bundle of pins, whereby the tips of the pins have a particular shape. If the triple mirror is to exhibit three adjoining squared surfaces, the tips of the pins have to be shaped and ground accordingly.

A tool composed of a bundle of pins, has e.g. been described in DE 23 65 315 A1. By means of this tool, a complicated shaped triple mirror may be produced, which is different from the earlier described triple mirror.

The preparation of this kind of tool is, however, very tedious, since a plurality of small surfaces have to be prepared with a high surface quality. Besides, a decisive disadvantage is seen in the fact, that for preparation-technical reasons and for reasons of a mechanical stability of the composite tool, only pins with a diameter of more than a few millimeters can be employed. If attempts are made to employ thinner pins, engraving techniques have to be used for obtaining the high-quality surfaces. Therefore, the triple mirrors of the aforementioned kind are practically always composed of structural elements, which are larger than a few millimeters. Even the methods described in the aforementioned patent DE 41 21 514 A1, will not permit a preparation of smaller sized triple mirrors for preparation-technical reasons.

The use of relatively coarse tools or the assembling of triple mirrors from individual, relatively coarse mirror elements, will of course result in unsatisfactory triple mirrors. These triple mirrors have to be relatively thick, since a coarse grid-pattern of the structural elements, will also require an accordingly arranged thickness of the triple mirror. Therefore, by means of the known processes, a thin triple mirror film of the aforementioned kind can in principle not be prepared.

In DE 38 42 610 C1, a micro-mechanical process has been described, by which shaping tools (die-casting molds) may be prepared with structural elements, each having a size of less than 1 mm. In this process, a host of parallel grooves is cut in a metallic surface by means of a shaping diamond tool. Then, another host of parallel grooves is cut into the surface by means of the diamond, whereby these grooves will cross the first host of grooves in an angle of 90°.

A particular form of execution of this process has been described in DE 40 33 233 A1.

By means of these processes, shaping tools may in principle be prepared for producing triple mirrors, where the square-areas of the said triple mirrors are cut into one-half. Therefore, the reflecting surface areas are formed by triangles, where three triangles

form the surface of a 3-sided pyramid. These pyramids are arranged in a hexagonal pattern. The respective structural elements at the side of the tool, may be prepared by linear cutting processes by applying known micro-mechanical methods, such as e.g. diamond cutting methods. Thereby, the dimensions of the structural elements may be reduced and the triple mirrors may be produced in the form of thin films. However, these triple mirrors are inferior to the earlier described triple mirrors, especially in regard to the intensity of the light retroreflected into the direction of the incident light.

Obviously, the known micro-mechanical processes are not suited for preparing the shaping tools for producing the triple mirrors as described above in the introductory part, since these tools cannot be prepared from a chip-forming base-material by a traversing linear machining. The individual surface areas of the shaping tool for producing the triple mirrors are aligned in an offsetting arrangement.

The objectives to be achieved by the invention deal with the development of an improved shaping tool, by which triple mirrors may be produced with structural elements consisting of squared areas adjoined to each other in a perpendicular alignment. The shaping tool is to be formed in such a way, that in particular triple mirrors of the said kind may be produced with smaller sized structural elements and smaller layer thicknesses than up-to-now obtainable. Furthermore, the objectives to be achieved by the invention deal also with the development of a process for preparing the shaping tool, whereby the process is to be comprised of a lesser number of process steps.

The objectives have been achieved by a shaping tool according to claim 1 and by a process for its preparation according to claim 6. In claim 10, new triple mirrors of the aforementioned kind are disclosed, which may be prepared by using the shaping tool according to the invention.

The shaping tool according to the invention has a shaping (or molding) side, at which a plurality of 2-dimensional structural elements are arranged in a given spacing to each other and in a periodic pattern. The structural elements are arranged in a plane, whereby the respective points of the structural elements, such as e.g. the peaks or the corresponding end-points of edges, are each situated in the same plane.

The shaping tool is composed of a plurality of lamellas (or blades) with a thickness (d), whereby each of the lamellas has 2 plane side-areas and a step-like edge-area. The number of lamellas determines the length of the directly moldable triple mirrors and is selected having this purpose in mind. Otherwise, the number of lamellas is freely selectable. The width of the lamellas determines the width of the directly moldable triple mirrors and is also freely selectable under a consideration of this purpose.

The term “edge-area” as used in the following, is to refer to the non-profiled or profiled narrow side (edge) of the lamellas, from which the shaping side will be prepared or will consist, including the adjacent areas of the side-surfaces, which are only partly visible at the final shaping tool. The step-like edge-area forms a part of the structural elements and is shaped as a row of squares with a side-length (d), perpendicularly aligned in each case relative to the adjacent square. It is sufficient to provide one edge-area of this kind. The other edges of the lamellas may have any desired shape. Suitably, the other edges of the lamellas may be formed in such a way, that they will form the base-area in the shaping tool and the two opposite sides of a square-block. These three areas may serve as the handling surfaces of the shaping tool. If two edge-areas of the lamellas are shaped in a step-like pattern, the shaping tool contains two surface sides for shaping (or molding).

The lamellas are arranged in the shaping tool in such a way, that their plane side-surfaces and their edge-areas are in contact with each other. Each lamella is staggered by $d/\sqrt{2}$ in relation to the neighboring lamellas. All lamellas are aligned in an angle of $\alpha = 54.736$ relative to the plane, in which the structural elements are arranged. In this position, the lamellas are firmly connected to each other.

The angle α is derived from a simple geometric concept. As already mentioned, each structural element is formed by three abutting squared surface areas of a cube, whereby the spatial diagonals of the cubes extend perpendicularly relative to the plane of all structural elements. Two of these squared surface areas are formed by the two squares of the step-like edge-area. The third square is formed by the sidewise edge-area of the neighboring lamella, from which a square will be marked by the step-like edge-area of the first lamella.

In the non-tilted state of the lamellas, the lamellas are to be vertically positioned on a solid substrate. If viewing two of these square-areas of the step-like edge-area of a single lamella, which form a groove with each other, the two square-areas may be supplemented to form an imaginary cube. This cube consists among others of two (imaginary) front surfaces and one (imaginary) upper edge, which extends in parallel to the underlay substrate. The spatial diagonal extends between the posterior end of the upper edge and the anterior end of the edge formed by the two square areas. Therefore, the spatial diagonal is the hypotenuse of a rectangular triangle formed by the diagonal of the anterior front area and the upper edge. The angle formed between the spatial diagonal and the diagonal of the anterior front area, may be calculated by the equation:

$$\begin{aligned}\tan \alpha^* &= \text{opposite side} / \text{adjacent side} \\ &= d / d\sqrt{2} = 1 / \sqrt{2}.\end{aligned}$$

The lamella is to be tilted by this angle α^* from the vertical position, if the spatial diagonal is to be perpendicularly aligned.

The angle α formed by the lamella with the plane underlay substrate and, thereby, also with the shaping side of the tool, amounts to:

$$(90 - \alpha^*) = \alpha = 54.736^\circ.$$

Preferably, the shaping tool is composed of lamellas having a thickness (d) of less than 500 μm . By means of this kind of shaping tool, very thin triple mirrors may be produced.

In principle, the lamellas may be connected to each other by various means. They may e.g. be bonded by means of an adhesive, or if consisting of a metal, by means of soldering and welding, or may be held in a fixed position by means of a clamp. By means of this connection, it has to be achieved, that the described positioning of the lamellas towards each other, will be durably maintained, in particular during the usage of the shaping tool.

The kind of connection or bonding between the lamellas is preferred, where the position of a lamella is defined in relation to the adjacent lamella, as well as where also at the same time, a gap-free fixation of the lamellas on each other will be assured.

For process-technological reasons, it appears to be the most simple solution, if the side surface areas of all lamellas are provided with bore-holes arranged in planes normal to the sidewalls, but forming also the angle α with the sidewalls, whereby traversing channels will be formed, through which mounting pins may be placed for forming the desired durable connection between the lamellas. At this kind of bonding of the lamellas, it will be possible to dismantle the shaping tool if necessary for the purpose of an inspection or an eventual repair and to insert new lamellas, as the case may be, without having to replace the entire set of lamellas and having to repeat the tedious measurements.

If the other sides of the shaping tool not intended for the forming and shaping, will not form a blocky shape, it is advantageous to clamp the stack of lamellas into a squared frame, which may serve as a handle during the shaping process. By means of this frame, the connection of the lamellas to each other may also be accomplished or reinforced.

The process according to the invention for preparing the shaping tool is essentially comprised of five individual process steps.

At first, a number of lamellas with a thickness (d) are combined together with their plane sides to form a stack of lamellas. The stack is prepared in such a way, that the side surfaces of the lamellas are in contact with each other, and that the straight edges of all lamellas form a plane surface area. By the way, the shape of the lamellas is not restricted, in particular if considering, that the sides of the final tool not intended for the shaping process, will be reprocessed. For instance, lamellas with a rectangular or trapezoidal side-areas may be employed. Furthermore, lamellas with circular side-areas may also be used, whereby however, the straight edge is at first to be prepared by cutting off a section of the circle.

As the workmaterial for the lamellas, a series of materials may be employed, These materials should be processable by means of diamond tools to yield high-quality surface structures and should not be affected by the conditions of the shaping or molding process.

No other restrictions exist. Particularly suitable workmaterials include chip-forming metals, in particular aluminum- or copper alloys. For shaping tools, which are not directly employed for preparing triple mirrors, but are used for preparing secondary shaping tools, lamellas of a well processable plastic material may also be suited.

In the case, that the shaping tool of the mentioned alloys or other metals will not have a sufficient durability, if moldings of certain materials may have to be prepared, it is advantageous to prepare a plastic molding from the shaping side of the tool. This plastic molding is used as a matrix for a galvanic deposition of nickel or iron /nickel alloys. In this case, the fact that the structural elements remain intact during the reshaping, is particularly useful. Therefore, the surfaces of the matrices are e.g. identical with the galvanically reproduced tools prepared therefrom. With shaping tools consisting of nickel or an iron /nickel alloy, a high durability (a long useful life) can be expected.

Since the sidewall surfaces of the lamellas will form in the edge-area a part of the structural elements, at least these areas of the sidewall surfaces, better however, both sidewall surfaces in their entirety are preferably to be finely smoothed e.g. by means of a polishing machining process prior to carrying out the first process step. The processed surfaces should exhibit a mirror-gloss. If the sidewall surfaces are at first processed by a polishing machining process, an accurate plane-parallel configuration of the sidewalls will be achieved. Exact plane-parallel sidewalls are a prerequisite for the preparation of high-value triple mirrors. Besides, by a suitable machining of the sidewalls, the thickness (d) of the lamellas will also be accurately produced.

In the second process step, the plane area formed by the abutting straight edges of the stack of combined and clamped lamellas, will be processed by a shaped diamond tool. This processing is carried out by using a diamond tool with a cutting edge shaped with a wedge-angle of 90° . By means of this diamond, parallel grooves are cut side-by-side with a width $b = d \cdot \sqrt{2}$ covering the entire plane area and in a perpendicular alignment relative to the sidewall area, whereby a host of grooves is formed with a groove spacing of $d \cdot \sqrt{2}$ and a groove depth of $d / \sqrt{2}$. Therefore, the sidewalls of the grooves will form squares on the individual lamellas with a side length (d). From the original plane area, only fine stays with edges of a negligible width will remain formed by the surface areas abutting in a right

angle. Among each other, these stays are separated by the grooves, which have a triangular cross-section. Therefore, the squares on the edge-areas of the individual lamellas, are arranged like steps of a staircase. Each square will form an angle of 90° with the next square. In the final shaping tool, these squares form two of the three squares of each structural element aligned normal to each other.

In the next process step, each second lamella is shifted by one half of the groove width (b) relative to the two adjacent lamellas. This process step has to be carried out in a micrometer accuracy, if precision shaping tools are to be prepared. In this process step, the groove-base of the triangular grooves of each of the first lamellas will be positioned into a common plane with the stays of each of the second lamellas. The edges of all stays formed by the square surfaces, will still be situated in parallel to the plane as defined by the original straight edges of the lamellas.

Then, all lamellas are tilted in the common plane defined by the row of stays and grooves by an angle $\alpha = 54.736^\circ$. By means of this process step, the stays and grooves of all lamellas will form the said angle α with the plane as formed by the original straight edges according to the first process step.

In this position, the lamellas will be bonded to each other. Thereby, in the plane formed by the original straight edges of the lamellas, the desired structural elements have been formed. These structural elements consist in each case of three adjoining square sides of a cube, whereby its spatial diagonal extends perpendicularly relative to the original plane.

For the shifting of each of the second lamellas and for tilting of all lamellas by an angle α , special precautionary measures are suitably to be applied, which permit an execution of these process steps with a high degree of precision. Due to the fact, that each second lamella will be shifted relative to the particular two adjacent lamellas, it is achieved, that two groups of geometrically identical lamellas will be obtained. Preferably prior to the described process steps, each lamella of these two groups will be fitted with two bore-holes. These bore-holes extend in a plane in parallel to the common plane formed by the rows of stays and grooves, whereby this plane is perpendicularly aligned relative to the sidewall surfaces. Therefore, the bore-channels form an angle α with the sidewall surfaces.

However, the locations at the sidewalls, where the bore-holes are to be prepared, will be different at the two groups of lamellas. While the distance of the bore-holes from the straight edge will be the same in both groups, the locations of the bore-holes will, however, be shifted in parallel to the straight edge by the value $\frac{1}{2} b = d / \sqrt{2}$. These bore-holes are prepared by means of a very precise bore-tool, in which the lamellas are accurately positioned under the angle α with means for a lateral adjustment.

Then, the stack of the lamellas will be prepared, whereby the lamellas of the first group and of the second group, are alternately stacked. After the edge-areas have been processed as described above, the shifting of the second lamellas is carried out by inserting the mounting pins into the bore-holes in the sidewalls of the lamellas. Thereby, the process will be substantially simplified.

Preferably, the shaping tool consisting of the lamellas, is to be clamped into a prepared mounting frame and shaped into suitable outer dimensions.

A process is particularly preferred, where the lamellas have a thickness (d) of less than 500 μm . If using this kind of lamellas, particularly thin triple mirrors of the aforementioned kind may be prepared, which are not obtainable by means of the known processes and shaping tools.

The described shaping tool is suited without any restrictions for preparing shaped articles of plastic materials. Applicable forming processes include e.g. a hot embossing, an injection pressing, an injection molding and reactive injection molding processes. By means of reactive molding processes, triple mirrors of poly-(methyl methacrylate) (PMMA) may be prepared, which contain replicas of the cube-like structural elements of the shaping tool and which exhibit excellent reflection properties.

Furthermore, by means of the shaping tool according to the invention, secondary shaping tools may also be prepared by surface reproduction processes. These secondary shaping tools may e.g. be obtained by reproducing the shaping side of the tool in the form of a metal by means of known galvanic processes. Several of the secondary shaping tools may be combined in the form of larger blocks for preparing triple mirrors with a surface area, which is larger than the shaping area of a single shaping tool. In this case, the individual shaping tools may be aligned in different angles to each other for compensating an-

gular dependencies of the structural elements in the final triple mirror. Alternatively, triple mirrors with larger surface areas may be prepared by a multiple embossing of a film by means of the shaping tool.

Shaping tools are particularly preferred, at which the lamellas have a thickness (d) of less than 500 μm . By means of this kind of shaping tool, triple mirrors of the aforementioned kind may be prepared, which have not been obtainable up-to-now, whereby the edge-length of each of the structural elements is less than 500 μm . The particular advantage of this kind of triple mirror is seen in the fact, that the mirror may be prepared in the form of a very thin film with a maximal thickness of 1000 μm . The required thickness of a film is calculated from the length of the spatial diagonal of the cube, whose surface areas form the structural elements. This spatial diagonal has a length of $d \cdot \sqrt{3}$. By means of these triple mirrors, a substantial savings in raw materials will be achieved at an at least equal, but generally an improved optical quality. Besides, there are a series of applications, where this kind of thin triple mirrors are needed for structural technical reasons.

A triple mirror of PMMA, which was prepared by means of a shaping tool consisting of 400 μm thick lamellas according to the invention, was compared to a conventional triple mirror containing the same kind of structural elements with a side-length of the cubes of 4 mm, and showed superior properties in regard to the reflection capabilities and the diffusive scattering. Furthermore, shaping tools have also already been prepared with 180 μm thick lamellas.

The triple mirrors may consist of a shiny metal, as well as also of a plastic material. It is only necessary, that the material has a reflection capability and that it can be shaped by using the shaping tool according to the invention.

In principle, the process according to the invention may also be used for preparing shaping tools with structural elements in the shape of rectangular blocks. These shaping tools are e.g. obtained, if the width of the triangular groove is not $d \cdot \sqrt{2}$, but e.g. $x \cdot \sqrt{2}$ (where $x \neq d$), and is, therefore, not related to the thickness of the lamellas. The formed reproduced surface has a respective structure. In this case, triple mirrors will also be obtained, which will exhibit, however, distinctively inferior optical properties.

In the following, the process for preparing the shaping tool shall be further explained by describing some examples and referring to the attached drawings.

Fig. 1 shows an individual lamella.

Fig. 2 shows a stack of these lamellas.

Fig. 3 shows the stack of lamellas after the micro-mechanical processing.

Fig. 4 shows various views of individual lamellas after the tilting.

Fig. 5 shows the shaping surface of a shaping tool.

In fig. 1, a lamella (1) is schematically illustrated, having a thickness of $d = 400 \mu\text{m}$, two rectangular sidewall areas (2) and a straight edge (3) (brass 58). The lamella was processed in the area of the sidewall surfaces (2) and the straight edge (3) by means of a polishing machining process, whereby the sidewall surfaces were exactly plane and had at all locations a distance of $400 \mu\text{m}$ to each other. The straight edge (3) formed a narrow and exactly plane surface.

In fig. 2, a stack of these lamellas (1) is illustrated, where the sidewall surfaces (2) are adjoined and the straight edges (3) form a plane area (4). The stack is mounted in a (not shown) clamping tool.

In fig. 3, the stack of these lamellas (1) is illustrated, where a plurality of grooves (5) has been cut into the plane area (4) by means of a shaped diamond with a wedge-angle of 90° . The grooves (5) border exactly next to each other, whereby stays (6) with edges of a negligible width will only remain from the original plane area (4). The width of the grooves (5) as measured from a stay (6) to the next stay (6), amounts to $b = d \cdot \sqrt{2}$, and the depth of the grooves (5) amounts to $d / \sqrt{2}$. Each groove (5) in each lamella (1) is formed by two squares (7) with a side-length (d) aligned in a right angle to each other. Thereby, a step-like edge-area (13) is formed.

In fig. 4, the subsequent shifting of each second lamella by one-half of the width $b = d / \sqrt{2}$ and the subsequent tilting of each lamella is illustrated, whereby the stays (6) will form an angle α with the original plane (4) of the straight edges (3).

The shown two drawings are to illustrate two neighboring lamellas (1a, 1b) with a step-like edge-area (13). The second (lower) lamella (1a) belongs to the group of lamellas,

which are to be shifted by one-half of the groove width. In this figure, the shifting has not yet been carried out. After the tilting of the lamellas (1a,1b), the lamellas will form an angle α with the underlay substrate or with the original plane (4) formed by the straight edges (3), as recognized in the sectioned drawing.

In the form of execution illustrated in fig. 4, the lamellas (1a,1b) have been fitted with two bore-holes in the manner as described above. The bore-holes are identified by the reference marking 7. If the lamellas (1a,1b) are exactly placed on each other and, then, tilted as indicated in fig. 4, the bore-holes (7) of the second lamella (1a) are offset by the amount of $d/\sqrt{2}$ in relation to the bore-holes (7) of the first lamella (1b). In the sectioned drawing, it is clearly seen, that the bore-holes (7) form an angle α with the bottom side or the sidewall (2a), respectively. Thereby, the stays (6) of the lamellas (1a,1b) form also an angle α with the original plane (4).

In fig. 5, a section of the shaping side (8) of a final shaping tool is illustrated. The second group of the lamellas (1a) is shifted relative to the first group of lamellas (1b). The stays (6) and the grooves (5) of adjacent lamellas (1a,1b) are symmetrically situated in a common plane, which is perpendicularly aligned relative to the shaping side (8). The spatial diagonal of the structural elements (9) consisting of three abutting squares (10,11,12) of a cube, is also perpendicularly aligned relative to the shaping side (8). The bore-holes (7) form traversing channels in the shaping tool, through which mounting pins are inserted in a tight fit for a fixation.

PATENT CLAIMS

1. A shaping tool for preparing a triple mirror
 - a) with a shaping side (8), on which structural elements (9) are provided in a periodically repeated manner and in a plane in the form of three abutting surfaces (10,11,12) of a cube, whereby the spatial diagonals of the cubes are perpendicularly aligned relative to the plane;
 - b) which is composed of a number of lamellas (1) having a thickness (d) with two plane sidewalls (2) and a step-like edge-area (13), in which a plurality of vertically superimposed square sides (10,11,12) with a side-length (d) are formed as a part of the structural components, whereby
 - c) the sidewall surfaces (2) of the lamellas (1) are interconnected and the edge areas (13) of the lamellas (1) adjoin one another;
 - d) each lamella (1a) is staggered by $d/\sqrt{2}$ in relation to the neighboring lamellas (1b) and
 - e) forms an angle $\alpha = 54.736$ with the plane.
2. A shaping tool according to claim 1, **wherein** the thickness (d) of the lamellas (1) amounts to less than 500 μm .
3. A shaping tool according to claim 2, **wherein** the sidewalls (2) of all lamellas (1) are each fitted with at least two bore-holes (7) extending in planes normal to the sidewalls (2), and whereby the bore-holes (7) form also the angle α with the sidewalls (2) and form traversing channels in the shaping tool.
4. A shaping tool according to claim 3, **wherein** the lamellas (1) are connected to each other by means of mounting pins inserted into the traversing channels.
5. A shaping tool according to one of the claims 1 to 4, **wherein** the tool is clamped into a rectangular frame.

6. A process for preparing the shaping tool according to claim 1 involving the following process steps:
- a) A plurality of lamellas (1) with a thickness (d) and plane sidewalls (2) and a straight edge (3) are combined to form a stack in such a manner, that the sidewalls (2) of the lamellas (1) are adjoined and the straight edges (3) of all lamellas (1) form a plane surface area (4);
 - b) parallel, side-by-side grooves (5) with a width of $b = d \cdot \sqrt{2}$ are cut into the plane surface area (4) normal to the sidewalls (2) by means of a wedge-shaped diamond with a wedge-angle of 90° , whereby rectangularly shaped triangular grooves (5) are formed separated from each other by the stays (6);
 - c) a shifting of each second lamella (1a) is carried out relative to the adjacent lamellas (1b) by one-half of the width (b) of the groove, whereby the triangular grooves (5) of the second lamellas (1a) are symmetrically situated in a common plane with the stays (6) of the adjacent lamellas (1b);
 - d) all lamellas (1) are tilted in a common plane in such a way, that the stays (6) form the angle α with the surface area (4) formed by the original straight edges (3) according to step (a);
 - e) the lamellas are connected to each other to be held in this position.
7. A process according to claim 6, **wherein** the lamellas (1) with a thickness of less than $500 \mu\text{m}$, are employed.
8. A process according to claim 6 or 7, **wherein** lamellas (1) are employed, which are each fitted with at least two bore-holes (7) extending through the sidewalls (2) in parallel to the common plane, whereby the bore-holes (7) form an angle of 54.736° with the sidewalls (2) and traversing channels after the execution of the process step (d).
9. A process according to claim 8, **wherein** the lamellas (1) are firmly bonded to each other by means of mounting pins, which are inserted into the channels in a tight fit.

10. Triple mirrors with structural elements, which are periodically repeated in a 2-dimensional manner, whereby each structural element consists of three abutting surfaces of a cube, and its spatial diagonal is perpendicularly aligned relative to the plane, **wherein** the edge-length of the cube is less than 500 μm .
 11. Triple mirrors according to claim 10, consisting of a polished metal.
 12. Triple mirrors according to claim 10, consisting of a plastic material.
 13. Triple mirrors according to claim 12, consisting of poly-(methyl methacrylate) (PMMA).
 14. Triple mirrors according to one of the claims 10 to 13 in the form of films with a thickness of less than 1000 μm .
-

*Translated by Hans L. Schlichting
3999-99th Lane N.E.
Circle Pines, MN 55014*

Phone: (612) 784-5350

Date: May 2, 1995

1/4

Fig. 1

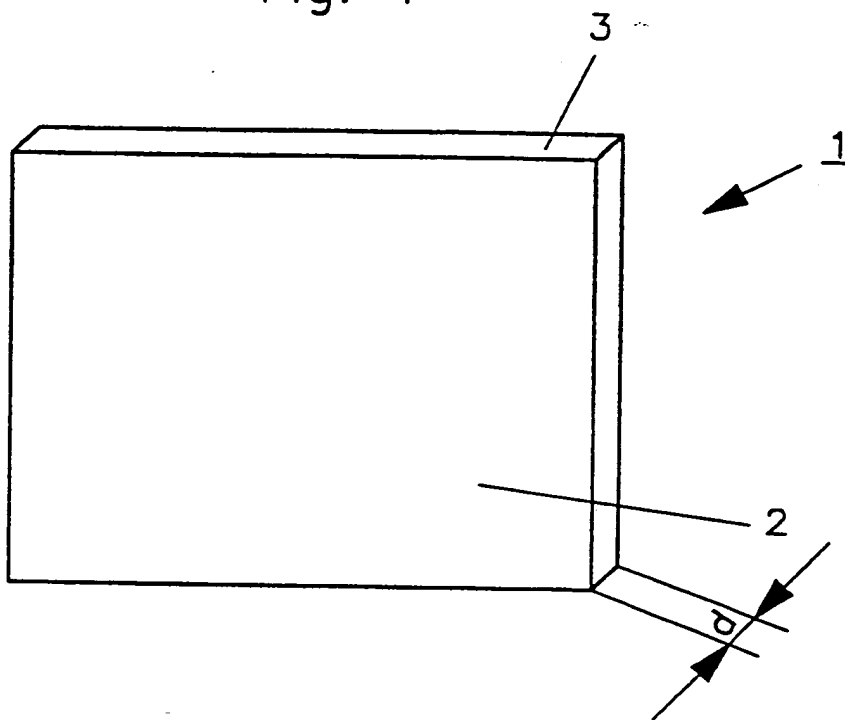


Fig. 2

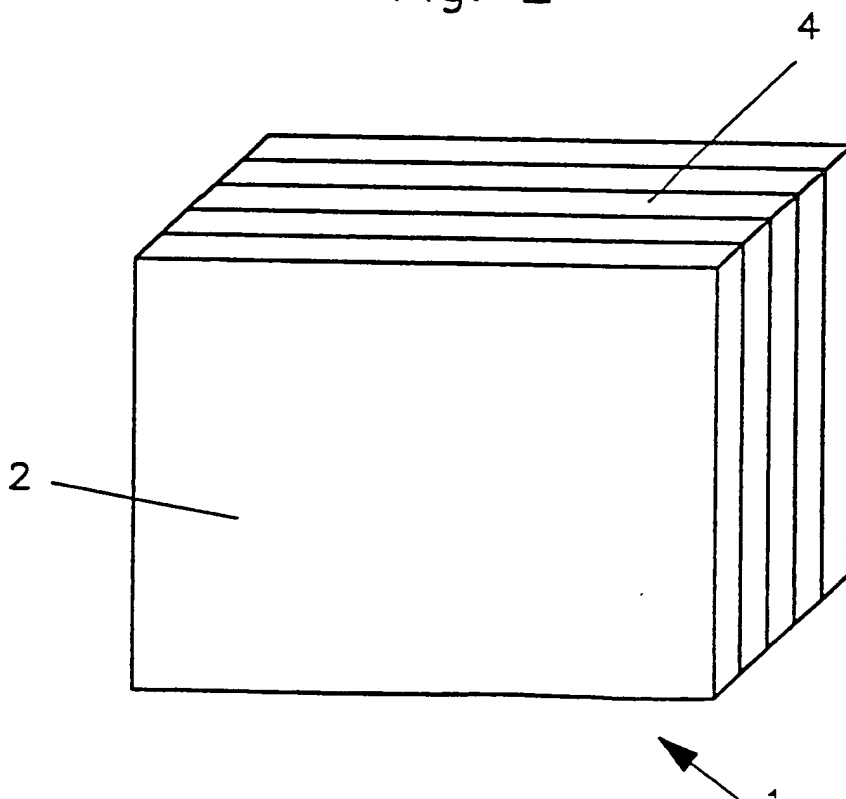


Fig. 3

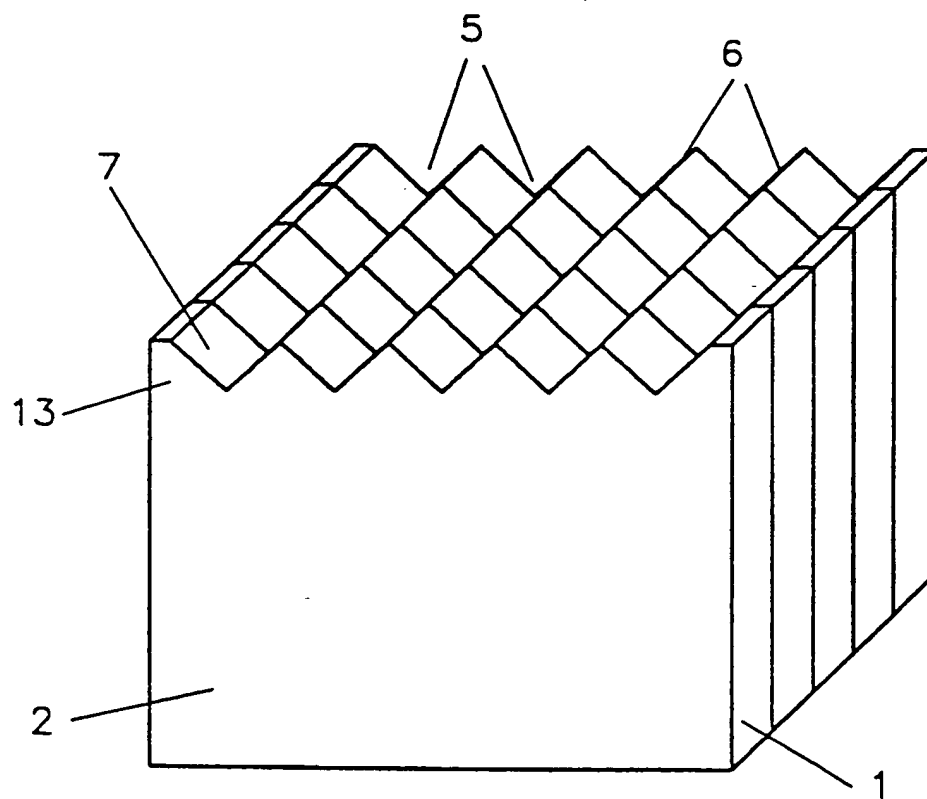


Fig. 4

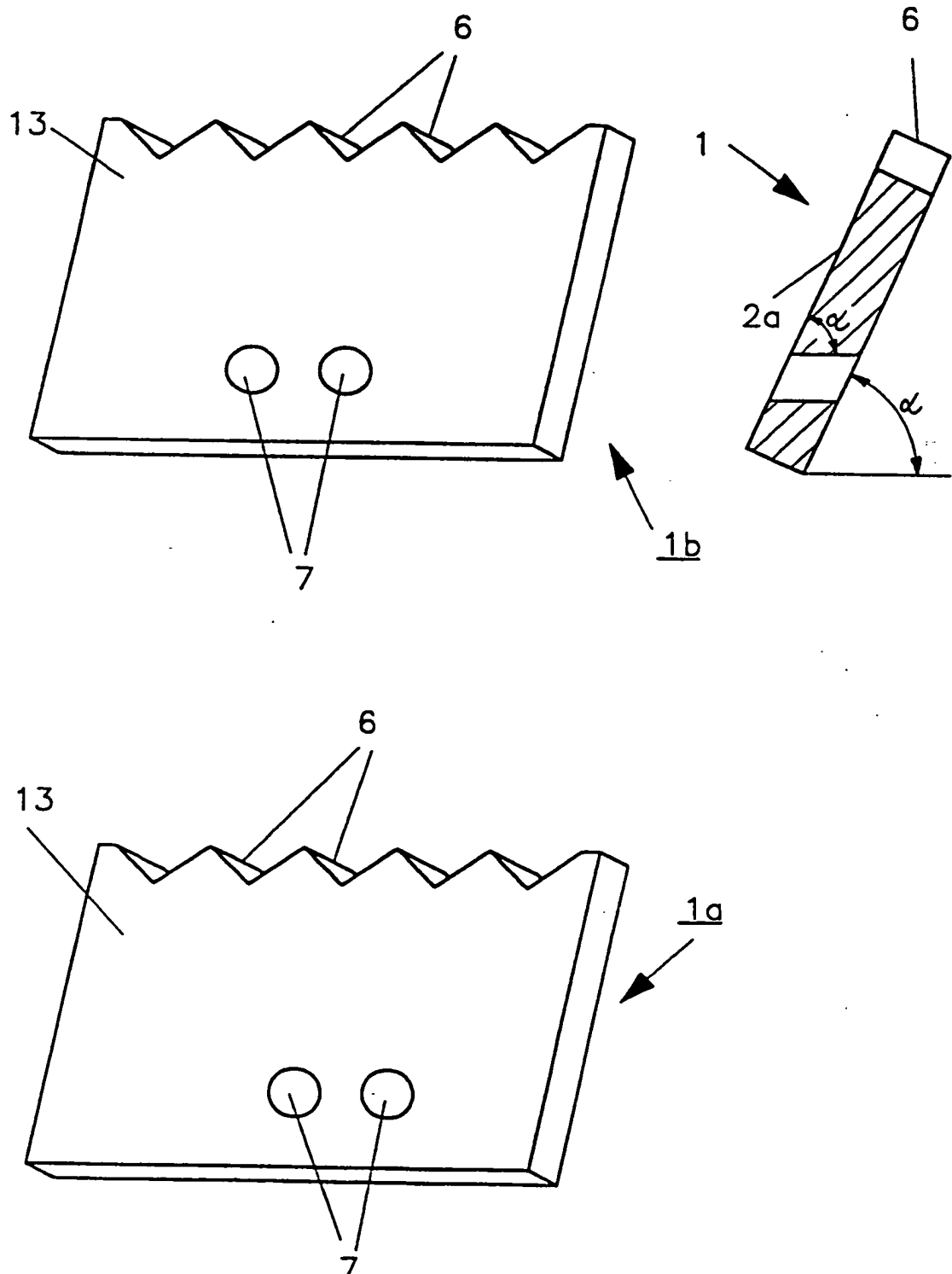
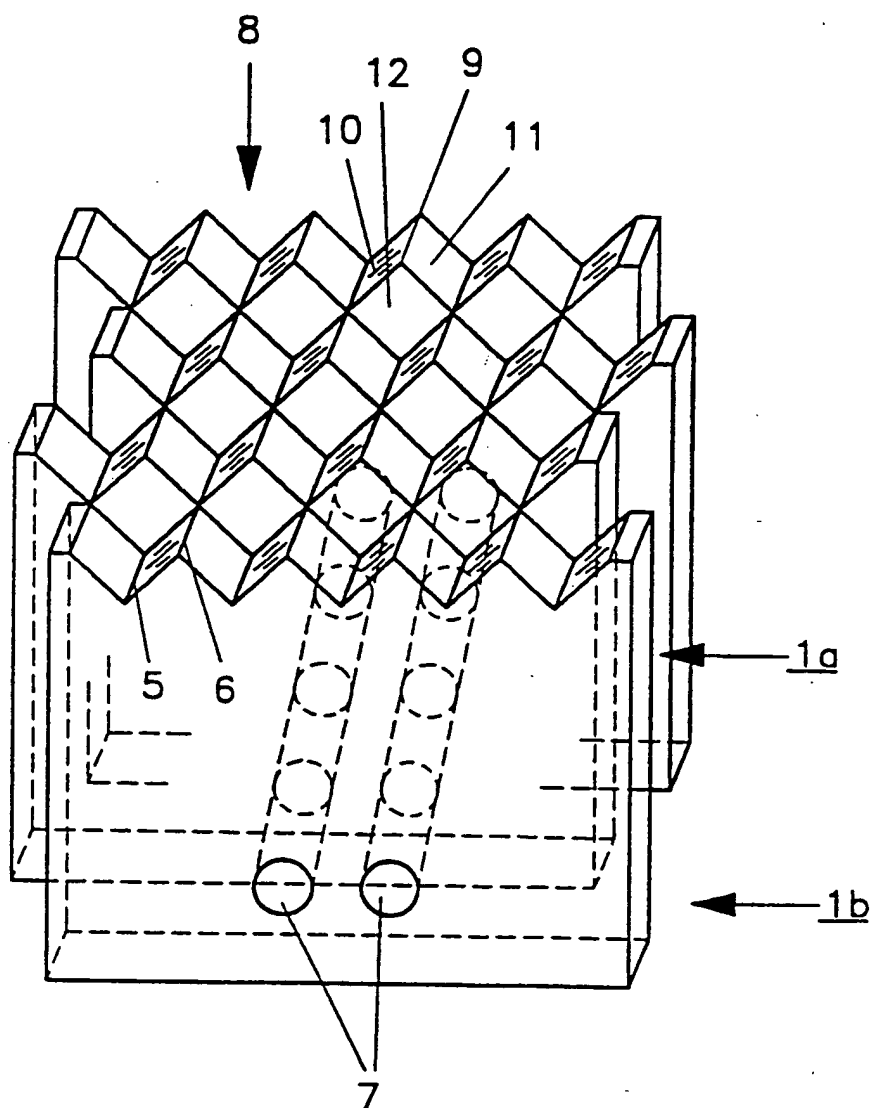


Fig. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP93/01868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.⁵ G02B5/124

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁵ G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE, A, 1 917 292 (HANS HILLESHEIM) 15 October 1970 see claims 1,3,4; figures 10,11 see page 4, line 7 - line 34	1,5,6
Y	--	2
Y	EP, A, 0 356 005 (MINNESOTA MINIG AND MANUFACTURING COMPANY) 28 February 1990 see abstract; claim 12; figure 2 see page 6, line 34 - line 44	2
A	-- -/-	10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone.

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 October 1993 (22.10.93)

Date of mailing of the international search report

24 November 1993 (22.11.93)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP93/01868

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 3 922 065 (T.E.SCHULTZ) 25 November 1975 see abstract; figures 1,10,11,13 see column 5, line 41 - line 49 --	1,10
A	US, A, 4 189 209 (J.H.HEASLEY) 19 February 1980 see abstract; claims 1-3; figure 5 see column 5, line 35 - line 45 -----	1,10

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

EP 9301868
SA 76771

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

22/10/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A-1917292	15-10-70	None	
EP-A-0356005	28-02-90	US-A- 4895428 AU-B- 618615 AU-A- 3891189 JP-A- 2085884	23-01-90 02-01-92 01-02-90 27-03-90
US-A-3922065	25-11-75	None	
US-A-4189209	19-02-80	None	

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

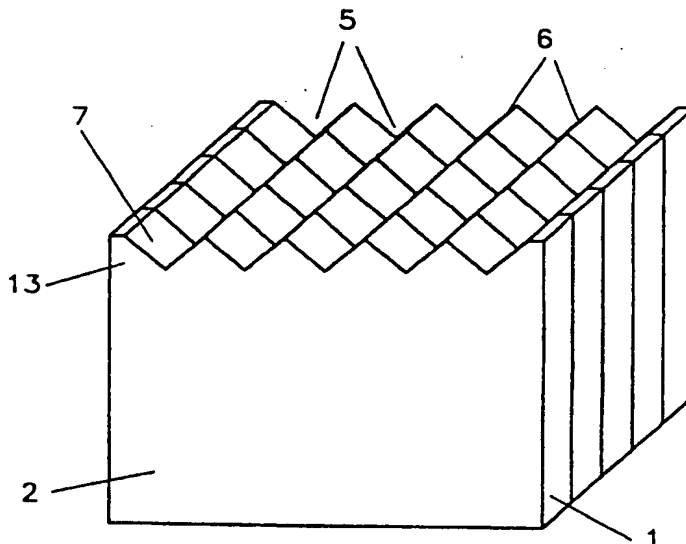
(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : G02B 5/124		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 94/18581 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 18. August 1994 (18.08.94)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP93/01868 (22) Internationales Anmeldedatum: 16. Juli 1993 (16.07.93) (30) Prioritätsdaten: P 43 02 631.1 30. Januar 1993 (30.01.93) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): KERN-FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH [DE/DE]; Weberstrasse 5, D-76133 Karlsruhe (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOHN, Lothar [DE/DE]; Hornisgrindestrasse 3, D-76707 Hambrücken (DE). WEINBRECHT, Bruno [DE/DE]; Heynlinstrasse 9, D-75203 Königsbach-Stein (DE). SCHALLER, Thomas [DE/DE]; Höhefeldstrasse 26, D-76356 Weingarten (DE). BIER, Wilhelm [DE/DE]; Grabener Weg 10, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen (DE). SCHUBERT, Klaus [DE/DE]; Geigersbergstrasse 54, D-76227 Karlsruhe (DE). (74) Anwalt: RÜCKERT, Friedrich; Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Weberstrasse 5, D-76133 Karlsruhe (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	

(54) Title: SHAPING TOOL, PROCESS FOR PRODUCING IT AND TRIPLE MIRROR

(54) Bezeichnung: ABFORMWERKZEUG, VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG UND TRIPELSPIEGEL

(57) Abstract

The invention relates to a shaping tool for the production of a triple mirror a) with a shaping side (7) on which there are structural components (5, 6) which are periodically repeated in a plane in the form of three abutting surfaces of a cube, the spatial diagonals of which run perpendicularly to the plane; b) which is composed of a number of blades (1) of thickness (d) with two plane side surfaces and a stepped edge region in which a plurality of vertically superimposed square sides with a side length (d) are formed as part of the structural components; c) the side surfaces of the blades are interconnected and the edge regions of the blades adjoin one another; d) each blade is staggered by $d/\sqrt{2}$ in relation to the neighbouring blades and e) includes an angle $\alpha=54.736^\circ$ with the plane. The invention also relates to a process for producing such a shaping tool in which a stack of blades (1) is ground into triangular grooves, and novel triple mirrors with cubic structural components, the edge length of which is shorter than 500 μm .



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Abformwerkzeug zur Herstellung eines Tripelspiegels a) mit einer abzuformenden Seite (7), auf der in einer Ebene periodisch sich wiederholende Strukturelemente (5, 6) in Form von drei aneinanderstossenden Flächen eines Würfels vorgesehen sind, dessen Raumdiagonalen senkrecht zu der Ebene ausgerichtet sind, b) das zusammengesetzt ist aus einer Anzahl von Lamellen (1) einer Dicke (d) mit jeweils zwei planen Seitenflächen und jeweils einem treppenförmigen Kantenbereich, in dem als Teil der Strukturelemente eine Vielzahl senkrecht aufeinanderstehender Quadratseiten einer Seitenlänge (d) ausgeformt sind, wobei c) die Seitenflächen der Lamellen miteinander verbunden sind und die Kantenbereiche der Lamellen einander berühren, d) jede Lamelle gegenüber den jeweils benachbarten Lamellen um den Betrag $d/\sqrt{2}$ versetzt ist und e) mit der Ebene einen Winkel $\alpha = 54,736^\circ$ einschliesst. Die Erfindung betrifft ausserdem ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Abformwerkzeugs, bei dem in einen Stapel von Lamellen (1) Dreiecksnuten eingefräst werden, sowie neue Tripelspiegel mit würfelförmigen Strukturelementen, deren Kantenlänge weniger als 500 μm beträgt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

- 1 -

Abformwerkzeug, Verfahren zu dessen Herstellung und Tripelspiegel

Die Erfindung betrifft ein Abformwerkzeug zur Herstellung eines Tripelspiegels und ein Verfahren zu dessen Herstellung gemäß den Ansprüchen 1 und 6 sowie einen Tripelspiegel gemäß dem Oberbegriff des 10. Anspruchs.

Tripelspiegel werden als Rückstrahler an Fahrzeugen, in Warnbaken im Straßenverkehr und für viele weitere Zwecke eingesetzt. Ein wesentliches Merkmal von Tripelspiegeln ist, daß auftreffende Lichtstrahlen - abgesehen von einem geringen seitlichen Versatz - unabhängig vom Einfallswinkel in sich selbst reflektiert werden (Lexikon der Physik, Franckh'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, Stichwort "Tripelspiegel"). Um eine solche Reflexion des Lichts zu gewährleisten, enthalten die Tripelspiegel eine Vielzahl sich periodisch wiederholender Strukturelemente, die in konstantem Abstand zueinander zweidimensional in einer Ebene angeordnet sind. Die Strukturelemente setzen sich aus mehreren, meist drei Flächen zusammen, die senkrecht zueinander angeordnet sind. Häufig sind diese Flächen drei aneinanderstoßende Quadrate eines Würfels, dessen Raumdiagonale senkrecht zur Ebene des Tripelspiegels steht. Die drei aneinanderstoßenden Quadrate sind über eine gemeinsame Ecke miteinander verbunden; jeweils zwei der Quadrate besitzen eine gemeinsame Kante.

Ein solcher Tripelspiegel, der einem Tripelspiegel der eingangs genannten Art entspricht, ist beispielsweise aus der DE 41 21 514 A1 bekannt. Dieser Tripelspiegel wird aus einer Vielzahl einzelner Spiegelemente zusammengesetzt. Ein solches Herstellungsverfahren ist für eine kostengünstige Massenerstellung von Tripelspiegeln ungeeignet.

Üblicherweise werden Tripelspiegel der eingangs genannten Art durch Abformung eines Werkzeugs hergestellt. Das Werkzeug besteht aus einem Bündel von Stiften, deren Spitzen in besonde-

- 2 -

rer Weise geformt sind. Soll der Tripelspiegel als Strukturelemente drei aneinanderstoßende Quadratseiten aufweisen, müssen die Spitzen der Stifte in entsprechender Weise geformt und geschliffen werden.

Ein Werkzeug, das aus einem Bündel von Stiften zusammengesetzt ist, wird beispielsweise in der DE 23 65 315 A1 beschrieben. Mit diesem Werkzeug wird ein kompliziert geformter Tripelspiegel einer anderen als der eingangs genannten Art hergestellt.

Die Herstellung eines solchen Werkzeugs ist prinzipiell aufwendig, weil eine Vielzahl von kleinen Flächen mit hoher Güte bearbeitet werden muß. Ein entscheidender Nachteil besteht außerdem darin, daß aus fertigungstechnischen Gründen und aus Gründen der mechanischen Stabilität des zusammengesetzten Werkzeugs nur Stifte mit einem Durchmesser von mehr als einigen Millimetern verwendet werden können. Versucht man, dünnere Stifte einzusetzen, müssen gravierende Abstriche bezüglich der Qualität der bearbeiteten Flächen gemacht werden. Tripelspiegel der eingangs genannten Art sind daher in der Praxis immer aus Strukturelementen zusammengesetzt, die größer als einige Millimeter sind. Kleinere Tripelspiegel lassen sich im übrigen aus Fertigungsgründen auch nicht nach dem Verfahren gemäß der oben erwähnten DE 41 21 514 A1 herstellen.

Die Verwendung von relativ groben Werkzeugen oder das Zusammensetzen von Tripelspiegeln aus einzelnen, naturgemäß relativ groben Spiegelementen führt aus einem weiteren Grund zu unbefriedigenden Tripelspiegeln. Solche Tripelspiegel müssen verhältnismäßig dick sein, weil ein grobes Rastermaß der Strukturelemente auch eine entsprechende Dicke des Tripelspiegels bedingt. Prinzipiell lassen sich daher mit den bekannten Verfahren keine dünnen Tripelspiegel-Folien der eingangs genannten Art herstellen.

Aus der DE 38 42 610 C1 ist ein mikromechanisches Verfahren bekannt, mit dem sich Abformwerkzeuge mit Strukturelementen

- 3 -

unterhalb von einem Millimeter herstellen lassen. Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe eines Formdiamanten in eine metallische Oberfläche eine Schar parallel verlaufender Nuten eingebracht. Anschließend wird mit dem Formdiamanten in die Oberfläche eine weitere Schar parallel verlaufender Nuten eingefräst, die sich mit der ersten Schar im Winkel von 90° schneidet.

Eine besondere Ausführungsform dieses Verfahrens ist in der DE 40 33 233 A1 beschrieben.

Mit solchen Verfahren lassen sich prinzipiell Abformwerkzeuge für solche Tripelspiegel herstellen, bei denen die Quadratflächen der eingangs genannten Tripelspiegel halbiert sind. Die reflektierenden Flächen bestehen daher aus Dreiecken, von denen jeweils drei den Mantel einer dreiseitigen Pyramide bilden. Die Pyramiden sind hexagonal angeordnet. Entsprechende Strukturelemente in der abzuformenden Seite lassen sich durch lineare Bearbeitungsschritte bekannter mikromechanischer Verfahren, etwa durch Diamantfräsen, herstellen. Damit kann die Dimension der Strukturelemente verkleinert werden, weshalb sich solche Tripelspiegel in Form von dünnen Folien herstellen lassen. Tripelspiegel dieser Art sind den eingangs genannten Tripelspiegeln jedoch bezüglich der Reflexionseigenschaften, insbesondere bezüglich der Intensität des in Richtung des einfallenden Strahls rückgestrahlten Lichts unterlegen.

Die bekannten mikromechanischen Verfahren sind zur Herstellung von Abformwerkzeugen für Tripelspiegel der eingangs genannten Art jedoch ungeeignet, weil diese Werkzeuge nicht durch die Ausbildung durchgehender Flächen in einem zerspanbaren Grundkörper hergestellt werden können. Die abzuformenden Flächen der Abformwerkzeuge für Tripelspiegel sind gegeneinander versetzt angeordnet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein weiteres Abformwerkzeug anzugeben, mit dem sich Tripelspiegel fertigen las-

- 4 -

sen, deren Strukturelemente aus aufeinander senkrecht stehenden, miteinander verbundenen Quadratseiten bestehen. Das Abformwerkzeug soll in der Weise gestaltet sein, daß sich insbesondere Tripelspiegel dieser Art mit kleinen Strukturelementen und geringen Schichtdicken durch Abformen herstellen lassen, die bisher nicht produziert werden können. Aufgabe der Erfindung ist ferner die Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung des Abformwerkzeugs, das eine geringere Anzahl von Bearbeitungsschritten umfaßt.

Die Aufgabe wird durch ein Abformwerkzeug gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zu dessen Herstellung gemäß Anspruch 6 gelöst. Im Anspruch 10 sind neue Tripelspiegel der eingangs genannten Art angegeben, die sich mit dem erfindungsgemäßen Abformwerkzeug herstellen lassen.

Das erfindungsgemäße Abformwerkzeug weist eine abzuformende Seite auf, aus der eine Vielzahl zweidimensional angeordneter und mit vorgegebenem gegenseitigem Abstand periodisch aneinandergereihter Strukturelemente herausgearbeitet sind. Die Strukturelemente sind in einer Ebene angeordnet; einander entsprechende Punkte der Strukturelemente wie z. B. die Spitzen oder die einander entsprechenden Endpunkte von Kanten liegen jeweils in derselben Ebene.

Das Abformwerkzeug ist aus einer Anzahl von Lamellen einer Dicke d zusammengesetzt, die jeweils zwei plane Seitenflächen und jeweils einen treppenförmigen Kantenbereich aufweisen. Die Anzahl der Lamellen bestimmt die Länge der direkt abformbaren Tripelspiegel und wird unter diesem Gesichtspunkt gewählt. Sie ist im übrigen frei wählbar. Die Breite der Lamellen bestimmt die Breite der direkt abformbaren Tripelspiegel und ist unter Berücksichtigung dieses Gesichtspunktes ebenfalls frei wählbar.

Unter "Kantenbereich" wird im folgenden die nicht ausgeformte oder die ausgeformte Schmalseite (Kante) der Lamellen, aus der

- 5 -

die abzuformende Seite hergestellt wird oder besteht, einschließlich des angrenzenden, beim Abformwerkzeug teilweise sichtbaren Bereichs der Seitenfläche verstanden. Der treppenförmige Kantenbereich bildet einen Teil der Strukturelemente; er ist als Abfolge einer Reihe von Quadraten einer Seitenlänge d ausgeformt, die senkrecht zu den jeweils benachbarten Quadraten stehen. Es ist ausreichend, wenn ein Kantenbereich dieser Art vorgesehen ist. Die übrigen Kanten der Lamellen können dann beliebig gestaltet sein. Zweckmäßigerweise sind die übrigen Kanten der Lamellen in der Weise geformt, daß sie im Abformwerkzeug die Grundfläche und zwei einander gegenüberliegende Seitenflächen eines Quaders bilden. Diese drei Flächen können als Handhabungsflächen des Abformwerkzeugs verwendet werden. Sind zwei Kantenbereiche von Lamellen treppenförmig ausgeformt, enthalten die Abformwerkzeuge zwei abzuformende Seiten.

Die Lamellen sind im Abformwerkzeug so angeordnet, daß ihre planen Seitenflächen und ihre Kantenbereiche einander berühren. Jede Lamelle ist gegenüber den beiden Nachbarlamellen um den Betrag $d/\sqrt{2}$ versetzt. Alle Lamellen stehen in einem Winkel $\alpha = 54,736^\circ$ zu der Ebene, in der die Strukturelemente angeordnet sind. Sie sind in dieser Position miteinander fest verbunden.

Der Winkel α ergibt sich aus einer einfachen geometrischen Überlegung. Wie erwähnt, ist jedes Strukturelement aus drei aneinanderstoßenden Quadratflächen eines Würfels, dessen Raumdiagonale senkrecht zur Ebene der aller Strukturelemente steht, zusammengesetzt. Zwei dieser Quadratflächen werden durch zwei Quadrate des treppenförmigen Kantenbereichs gebildet. Das dritte Quadrat ergibt sich aus dem seitlichen Kantenbereich der Nachbarlamelle, aus dem durch den treppenförmig gestalteten Kantenbereich der ersten Lamelle ein Quadrat markiert wird.

- 6 -

Im nicht gekippten Zustand der Lamellen sollen die Lamellen senkrecht auf einer Unterlage stehen. Betrachtet man für diesen Fall zwei solche Quadratflächen des treppenförmigen Kantenbereichs einer einzigen Lamelle, die miteinander eine Nut bilden, so können diese beiden Quadratflächen in Gedanken zu einem Würfel ergänzt werden. Der Würfel besteht unter anderem aus zwei (gedachten) Stirnflächen und einer (gedachten) oberen Kante, die parallel zur Unterlage verläuft. Die Raumdiagonale wird zwischen dem hinteren Ende der oberen Kante und dem vorderen Ende derjenigen Kante aufgespannt, die durch die beiden Quadratflächen entsteht. Die Raumdiagonale ist daher die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, das durch die Diagonale der vorderen Stirnfläche und die obere Kante gebildet wird. Die Raumdiagonale schließt mit der Diagonale der vorderen Stirnfläche einen Winkel ein, der durch die Gleichung

$$\begin{aligned}\tan \alpha^* &= \text{Gegenkathete/Ankathete} \\ &= d/d\sqrt{2} = 1/\sqrt{2}\end{aligned}$$

berechnet werden kann. Um diesen Winkel α^* muß die Lamelle aus der Senkrechten gekippt werden, damit die Raumdiagonale senkrecht steht.

Der Winkel α , den die Lamelle mit der Unterlage und damit auch mit der abzuformenden Seite einschließt, beträgt $(90^\circ - \alpha^*) = \alpha = 54,736^\circ$.

Vorzugsweise ist das Abformwerkzeug aus solchen Lamellen zusammengesetzt, deren Dicke d weniger als $500 \mu\text{m}$ beträgt. Mit einem solchen Abformwerkzeug lassen sich besonders dünne Tripelspiegel herstellen.

Prinzipiell können die Lamellen auf verschiedene Weise miteinander verbunden werden. Sie können beispielsweise durch Kleben oder, falls sie aus Metall bestehen, durch Löten und Schweißen oder mit Hilfe von Spannvorrichtungen aneinander fixiert werden. Durch den Verbund muß erreicht werden, daß die beschriebene Position der Lamellen gegeneinander dauernd, insbesondere während des Einsatzes des Abformwerkzeugs, erhalten bleibt.

- 7 -

Besonders bevorzugt werden solche Arten von Verbindungen zwischen den Lamellen, die zugleich die Position einer Lamelle bezüglich den Nachbarlamellen festlegen und die Lamellen spaltfrei aufeinander fixieren.

Es erscheint aus verfahrenstechnischen Gründen am einfachsten, in den Seitenflächen aller Lamellen Bohrungen vorzusehen, die in Ebenen senkrecht zu den Seitenflächen verlaufen und mit den Seitenflächen den Winkel α einschließen, so daß sich durchgehende Kanäle bilden. Durch diese Kanäle können Stifte geführt sein, die den Verbund der Lamellen herstellen. Bei einer solchen Verbindung der Lamellen miteinander ist es möglich, das Abformwerkzeug zu Inspektions- oder Reparaturzwecken zu zerlegen und gegebenenfalls neue Lamellen einzusetzen, ohne daß die beschriebene Anordnung der Lamellen durch aufwendige Messungen wiederhergestellt werden muß.

Insbesondere wenn die übrigen, nicht für die Abformung bestimmten Seiten des Abformwerkzeugs keine Quaderform bilden, ist es zweckmäßig, den Stapel der Lamellen in einen quaderförmigen Rahmen einzuspannen, der als Handhabe bei der Abformung dienen kann. Mit Hilfe eines solchen Rahmens kann die Verbindung der Lamellen untereinander hergestellt oder verstärkt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung des Abformwerkzeugs umfaßt im wesentlichen fünf Einzelschritte.

Zuerst wird aus einer Anzahl von Lamellen einer Dicke d mit planen Seitenflächen ein Stapel gebildet. Die Lamellen müssen eine gerade Kante aufweisen. Der Stapel wird in der Weise hergestellt, daß die Seitenflächen der Lamellen einander berühren und die geraden Kanten aller Lamellen eine ebene Fläche bilden. Die Form der Lamellen ist im übrigen beliebig, insbesondere, weil man zweckmäßigerweise die nicht für die Abformung bestimmten Seiten des fertiggestellten Abformwerkzeugs überarbeiten wird. Es können beispielsweise Lamellen mit rechtecki-

- 8 -

gen oder trapezförmigen Seitenflächen eingesetzt werden. Verwendbar sind auch Lamellen mit kreisförmigen Seitenflächen, bei denen zuvor die gerade Kante durch Abscheiden eines Kreisabschnitts hergestellt wurde.

Als Werkstoffe für die Lamellen können eine Reihe von Materialien eingesetzt werden. Die Materialien müssen sich mit hoher Güte mit Diamantwerkzeugen bearbeiten lassen und dürfen sich während der Abformung des Abformwerkzeugs nicht verändern. Weitere Einschränkungen bestehen nicht. Besonders geeignete Werkstoffe sind zerspanbare Metalle, insbesondere Aluminium- oder Kupferlegierungen. Für Abformwerkzeuge, die nicht direkt zur Herstellung von Tripelspiegeln eingesetzt werden, sondern mit deren Hilfe zuvor durch Abformung Sekundär-Abformwerkzeuge hergestellt werden, eignen sich auch Lamellen aus gut bearbeitbaren Kunststoffen.

Für den Fall, daß mit Abformwerkzeugen aus den genannten Legierungen oder anderen Metallen bei der Abformung in bestimmten Materialien keine ausreichende Standzeit erzielt wird, kann man von der abzuformenden Seite Kunststoff-Abformungen herstellen und diese Kunststoff-Abformungen als Matrizen zur galvanischen Abformung in Nickel oder in einer Eisen/Nickel-Legierung verwenden. Hierbei ist die Tatsache, daß die Strukturelemente bei der Abformung erhalten bleiben, besonders nützlich. Deshalb sind beispielsweise die Oberflächen von Matrizen und der davon galvanisch abgeformten Werkzeuge identisch. Bei Abformwerkzeugen, die aus Nickel oder einer Eisen/Nickel-Legierung bestehen, kann eine hohe Standzeit erwartet werden.

Da die Seitenfläche der Lamellen im Kantenbereich einen Teil der Strukturelemente bildet, werden vor Durchführung des ersten Schritts vorzugsweise zumindest diese Bereiche der Seitenfläche, besser jedoch beide Seitenflächen insgesamt, beispielsweise durch Polierfräsen fein geglättet. Die bearbeiteten Flächen sollen einen Spiegelglanz aufweisen. Werden beide

- 9 -

Seitenflächen zuvor durch Polierfräsen bearbeitet, kann zugleich eine exakte Planparallelität der Seitenflächen erzielt werden. Exakt planparallele Seitenflächen sind Voraussetzung für die Herstellung hochwertiger Tripelspiegel. Durch Polierfräsen der Seitenflächen wird außerdem die Dicke d der Lamellen exakt eingestellt.

Im zweiten Schritt wird die ebene Fläche, die aus den aneinanderstoßenden geraden Kanten des Stapels von miteinander verspannten Lamellen gebildet wird, mit einem Formdiamanten bearbeitet. Die Bearbeitung erfolgt mit einem geschliffenen Diamanten, dessen Keilwinkel 90° beträgt. Mit diesem Diamanten werden senkrecht zu den Seitenflächen und vorzugsweise über die gesamte ebene Fläche parallele, aneinander angrenzende Nuten einer Breite $b = d \sqrt{2}$ eingebracht, so daß sich eine Schar von Nuten mit einem Nutabstand von $d \sqrt{2}$ und einer Nuttiefe von $d/\sqrt{2}$ ergibt. Die Seitenwände der Nuten bilden daher auf den einzelnen Lamellen Quadrate mit einer Seitenlänge d . Von der ebenen Fläche bleiben nur feine Stege mit Kanten einer vernachlässigbaren Breite bestehen, die aus rechtwinklig aneinanderstoßenden Flächen gebildet sind. Untereinander sind diese Stege durch die im Querschnitt dreieckigen Nuten voneinander getrennt. Die Quadrate auf den Kantenbereichen der einzelnen Lamellen sind daher treppenförmig angeordnet; jedes Quadrat schließt mit dem benachbarten Quadrat einen Winkel von 90° ein. Diese Quadrate bilden im fertiggestellten Abformwerkzeug zwei der drei aufeinander senkrecht stehenden Quadrate eines jeden Strukturelements.

Im nächsten Bearbeitungsschritt wird jede zweite Lamelle relativ zu den beiden benachbarten Lamellen um die halbe Nutbreite b verschoben. Dieser Schritt muß bei der Herstellung von Präzisions-Abformwerkzeugen mikrometergenau erfolgen und bewirkt, daß der Nutgrund der dreieckigen Nuten jeder ersten Lamelle in einer gemeinsamen Ebene mit den Stegen jeder zweiten Lamelle liegt. Die durch die Quadratseiten gebildeten Kanten aller

- 10 -

Stege liegen dabei weiterhin parallel zu der Ebene, die durch die ursprünglich vorhandenen geraden Kanten der Lamellen definiert wurde.

Danach werden sämtliche Lamellen in der gemeinsamen Ebene, die durch die Abfolge von Stegen und Nuten definiert wurde, um einen Winkel α von $54,736^\circ$ gekippt. Dieser Schritt bewirkt, daß die Stege und Nuten aller Lamellen mit der ursprünglichen, gemäß dem ersten Schritt aus den geraden Kanten gebildeten Ebene den genannten Winkel α einschließen.

In dieser Lage werden die Lamellen miteinander verbunden. Aus der ursprünglichen, aus den geraden Kanten der Lamellen gebildeten Ebene sind damit die gewünschten Strukturelemente ausgeformt. Die Strukturelemente bestehen aus drei aneinander angrenzenden Quadratseiten eines Würfels, dessen Diagonale senkrecht zu der ursprünglichen Ebene steht.

Für das Verschieben jeder zweiten Lamelle und für das Kippen aller Lamellen um den Winkel α werden zweckmäßigerweise Vorkehrungen getroffen, die es erlauben, diese Schritte mit hoher Präzision durchzuführen. Aus der Tatsache, daß jede zweite Lamelle wie angegeben gegenüber den jeweiligen beiden Nachbarlamellen verschoben wird, ergibt sich, daß sämtliche Lamellen in zwei Gruppen von jeweils geometrisch gleich angeordneten Lamellen aufgeteilt werden können. Jede Lamelle dieser beiden Gruppen wird vorzugsweise vor Durchführung des beschriebenen Verfahrens mit jeweils zwei Bohrungen versehen. Diese Bohrungen verlaufen in einer Ebene parallel zu der gemeinsamen, durch die Abfolge der Stege und Nuten definierten Ebene und somit in einer Ebene, die senkrecht auf den Seitenflächen steht. Die Bohrkanäle schließen mit den Seitenflächen den Winkel α ein.

Die Ansatzstellen auf den Seitenflächen der Lamellen, von denen aus die Bohrungen eingebracht werden, unterscheiden sich bei den beiden Gruppen der Lamellen. Der Abstand der Ansatz-

- 11 -

stellen zu der geraden Kante ist zwar für beide Gruppen gleich; die Ansatzstellen bei der zweiten Gruppe sind jedoch parallel zur geraden Kante um den Wert $\frac{1}{2} b = d/\sqrt{2}$ versetzt. Die Bohrungen werden mit Hilfe einer hochpräzise gefertigten Lehre eingebracht, die die Lamellen unter dem Winkel α mit Anschlägen zur lateralen Justierung aufnimmt.

Der Stapel der Lamellen wird dann in der Weise hergestellt, daß sich Lamellen der ersten Gruppe und Lamellen der zweiten Gruppe abwechseln. Die oben beschriebene Anordnung der im Kantenbereich bearbeiteten Lamellen kann dann in der Weise erfolgen, daß die Lamellen in gleicher Reihenfolge mit ihren Bohrungen auf Paßstifte aufgeschoben werden. Damit wird das Verfahren wesentlich vereinfacht.

Vorzugsweise wird das aus den Lamellen bestehende Abformwerkzeug in einem vorbereiteten Rahmen verspannt und auf geeignete Außenabmessungen abgearbeitet.

Besonders bevorzugt ist ein Verfahren, bei dem Lamellen mit einer Dicke d von weniger als $500 \mu\text{m}$ eingesetzt werden. Mit solchen Lamellen können besonders dünne Tripelspiegel der eingangs genannten Art gefertigt werden, die mit den bekannten Verfahren und Abformwerkzeugen nicht herstellbar sind.

Das beschriebene Abformwerkzeug eignet sich ohne Einschränkungen für Abformungen in Kunststoff. Anwendbare Abformverfahren sind Warmprägen, Spritzprägen, Spritzgießen und Reaktionsgießen. Durch Reaktionsgießen konnten Tripelspiegel aus Polymethylmethacrylat (PMMA) hergestellt werden, die als Abbild der würfelförmigen Strukturelemente mit der abgeformten Struktur identisch waren und ausgezeichnete Reflexionseigenschaften zeigten.

Mit dem erfindungsgemäßen Abformwerkzeug lassen sich außerdem durch Abformung sekundäre Abformwerkzeuge herstellen. Die sekundären Abformwerkzeuge werden beispielsweise erhalten, wenn

- 12 -

die abzuformende Seite mit Hilfe der bekannten galvanischen Verfahren in Metall reproduziert wird. Mehrere der sekundären Abformwerkzeuge können zu einem Block zusammengesetzt werden, um Tripelspiegel herzustellen, deren Fläche größer ist als die abzuformende Fläche eines einzigen Abformwerkzeugs. Dabei können die einzelnen Abformwerkzeuge in verschiedenen Winkeln zueinander orientiert werden, um Raumwinkelabhängigkeiten der Strukturelemente im abgeformten Tripelspiegel integral auszugleichen. Alternativ können Tripelspiegel mit größeren Flächen hergestellt werden, indem eine Folie mehrfach mit dem Abformwerkzeug geprägt wird.

Besonders bevorzugt werden solche Abformwerkzeuge, deren Lamellen eine Dicke d von weniger als $500\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen. Damit lassen sich bisher nicht herstellbare Tripelspiegel der eingangs genannten Art abformen, bei denen die Kantenlänge jedes Strukturelements ebenfalls weniger als $500\text{ }\mu\text{m}$ beträgt. Der besondere Vorzug solcher Tripelspiegel besteht darin, daß sie in Form einer sehr dünnen, maximal $1000\text{ }\mu\text{m}$ dicken Folie vorliegen können. Die erforderliche Dicke einer Folie ergibt sich aus der Raumdiagonalen des Würfels, aus dessen Flächen die Strukturelemente bestehen. Die Raumdiagonale beträgt $d \cdot \sqrt{3}$. Mit solchen Tripelspiegeln wird bei zumindest gleicher, im allgemeinen sogar besserer optischer Qualität eine beträchtliche Materialersparnis erzielt. Außerdem gibt es eine Reihe von Einsatzgebieten, bei denen solche dünnen Tripelspiegel aus konstruktiven Gründen gefordert sind.

Ein Tripelspiegel aus PMMA, der mit dem erfindungsgemäßen, aus $400\text{ }\mu\text{m}$ dicken Lamellen bestehenden Abformwerkzeug hergestellt wurde, zeigte sich im Vergleich mit einem konventionellen Tripelspiegel, der gleichartig geformte Strukturelemente mit einer Quadratseitenlänge von 4 mm enthielt, hinsichtlich Reflexionsvermögen und diffuser Rückstreuung überlegen. Außerdem konnten bereits Abformwerkzeuge aus $180\text{ }\mu\text{m}$ dicken Lamellen hergestellt werden.

- 13 -

Die Tripelspiegel können sowohl aus blankem Metall wie auch aus Kunststoff bestehen. Notwendig ist lediglich ein hohes Reflexionsvermögen des Materials und die Abformbarkeit mit dem erfindungsgemäßen Abformwerkzeug.

Prinzipiell lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch Abformwerkzeuge herstellen, deren Strukturelemente einen Quader darstellen. Solche Abformwerkzeuge erhält man beispielsweise, wenn die Breite der Dreiecksnuten nicht $d \cdot \sqrt{2}$, sondern $x \cdot \sqrt{2}$ (mit $d \neq x$) ist, somit nicht auf die Dicke der Lamellen bezogen wird. Die entsprechende Struktur ergibt sich dann bei der Abformung des Werkzeugs. Bei der Abformung werden dann zwar ebenfalls Tripelspiegel hergestellt; diese Tripelspiegel sind jedoch in ihren optischen Eigenschaften schlechter.

Das Verfahren zur Herstellung des Abformwerkzeugs wird im folgenden anhand von Figuren und Beispielen näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine einzelne Lamelle,

Fig. 2 einen Stapel solcher Lamellen,

Fig. 3 den Stapel von Lamellen nach der mikromechanischen Bearbeitung,

Fig. 4 verschiedene Ansichten einzelner Lamellen nach dem Kippen,

Fig. 5 die abzuformende Oberfläche eines Abformwerkzeugs.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Lamelle 1 einer Dicke $d = 400 \mu\text{m}$ mit zwei rechteckigen Seitenflächen 2 und einer geraden Kante 3 aus einem Metall (Messing 58). Die Lamelle wurde durch Polierfräsen im Bereich der Seitenflächen 2 und der geraden Kante 3 bearbeitet, so daß die Seitenflächen exakt plan waren und an allen Stellen einen Abstand von $400 \mu\text{m}$ zueinander hatten. Die gerade Kante 3 bildete eine schmale, exakte Ebene.

- 14 -

Fig. 2 zeigt einen Stapel solcher Lamellen 1, bei dem die Seitenflächen 2 aneinanderstoßen und die geraden Kanten 3 eine ebene Fläche 4 bilden. Der Stapel ist in einem (nicht dargestellten) Einspannwerkzeug fixiert.

Fig. 3 zeigt den Stapel dieser Lamellen 1, bei dem mit Hilfe eines Formdiamanten, dessen Keilwinkel 90° betrug, in die ebene Fläche 4 eine Vielzahl von Nuten 5 eingefräst wurden. Die Nuten 5 grenzen exakt aneinander, so daß von der ebenen Fläche 4 lediglich Stege 6 mit Kanten einer vernachlässigbaren Breite bestehen bleiben. Die Breite der Nuten 5, von Steg 6 zu Steg 6 gemessen, beträgt $b = d \cdot \sqrt{2}$, ihre Tiefe $d/\sqrt{2}$. Jede Nut 5 wird in jeder Lamelle 1 durch zwei Quadrate 7 mit einer Seitenlänge d , die senkrecht aufeinander stehen, begrenzt. Damit wird ein treppenförmiger Kantenbereich 13 ausgebildet.

Fig. 4 illustriert das anschließende Verschieben jeder zweiten Lamelle um die halbe Breite $b = d/\sqrt{2}$ und das anschließende Kippen jeder Lamelle in der Weise, daß die Stege 6 mit der ursprünglichen Ebene 4 der geraden Kanten 3 einen Winkel α einschließen.

Die beiden übereinander gezeichneten Ansichten sollen zwei benachbarte Lamellen 1a, 1b mit einem treppenförmigen Kantenbereich 13 darstellen. Die zweite, untere Lamelle 1a gehört zu der Gruppe von Lamellen, die nachfolgend um die halbe Nutbreite verschoben werden. In der Figur ist die Verschiebung noch nicht vollzogen. Nach dem Kippen der Lamellen 1a, 1b schließen die Lamellen mit einer Unterlage oder mit der ursprünglichen, aus den geraden Kanten 3 gebildeten Ebene 4 den Winkel α ein, wie aus der Schnittzeichnung deutlich wird.

In der Ausführungsform gemäß Fig. 4 wurden die Lamellen 1a, 1b zweifach in der oben beschriebenen Weise durchbohrt. Die Bohrungen sind mit dem Bezugszeichen 7 bezeichnet. Liegen die Lamellen 1a, 1b deckungsgleich aufeinander und werden sie dann gekippt, wie in Fig. 4 angedeutet ist, sind die Bohrungen 7

- 15 -

der zweiten Lamelle 1a gegenüber den Bohrungen 7 der ersten Lamelle 1b um den Betrag $d/\sqrt{2}$ versetzt angeordnet. In der Schnittzeichnung wird deutlich, daß die Bohrungen 7 mit der Unterlage bzw. der Seitenfläche 2a einen Winkel α einschließen. Damit stehen die Stege 6 der Lamellen 1a, 1b zu der ursprünglichen Fläche 4 in diesem Winkel α .

Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt aus der abzuformenden Seite 8 eines fertiggestellten Abformwerkzeugs. Die zweite Gruppe von Lamellen 1a ist gegenüber der ersten Gruppe von Lamellen 1b verschoben. Die Stege 6 und die Nuten 5 benachbarter Lamellen 1a, 1b liegen symmetrisch in einer gemeinsamen Ebene, die senkrecht zu der abzuformenden Seite 8 angeordnet ist. Die Raumdiagonale der Strukturelemente 9, die aus drei aneinanderstoßenden Quadraten 10, 11, 12 eines Würfels bestehen, steht ebenfalls senkrecht zu der abzuformenden Seite 8. Die Bohrungen 7 bilden im Abformwerkzeug durchgehende Kanäle, durch die zur Fixierung ein Paßstift geschoben werden kann.

Patentansprüche:

1. Abformwerkzeug zur Herstellung eines Tripelspiegels
 - a) mit einer abzuformenden Seite (8), auf der in einer Ebene periodisch sich wiederholende Strukturelemente (9) in Form von drei aneinanderstoßenden Flächen (10, 11, 12) eines Würfels vorgesehen sind, dessen Raumdiagonalen senkrecht zu der Ebene ausgerichtet sind,
 - b) das zusammengesetzt ist aus einer Anzahl von Lamellen (1) einer Dicke d mit jeweils zwei planen Seitenflächen (2) und jeweils einem treppenförmigen Kantenbereich (13), in dem als Teil der Strukturelemente (9) eine Vielzahl senkrecht aufeinanderstehender Quadratseiten (10, 11) einer Seitenlänge d ausgeformt sind, wobei
 - c) die Seitenflächen (2) der Lamellen (1) miteinander verbunden sind und die Kantenbereiche (13) der Lamellen (1) einander berühren,
 - d) jede Lamelle (1a) gegenüber den jeweils benachbarten Lamellen (1b) um den Betrag $d/\sqrt{2}$ versetzt ist und
 - e) mit der Ebene einen Winkel $\alpha = 54,736^\circ$ einschließt.
2. Abformwerkzeug nach Anspruch 1, bei dem die Dicke d der Lamellen (1) weniger als 500 μm beträgt.
3. Abformwerkzeug nach Anspruch 2, bei dem durch die Seitenflächen (2) aller Lamellen (1) in Ebenen senkrecht zu den Seitenflächen (2) jeweils mindestens zwei Bohrungen (7) geführt sind, die mit den Seitenflächen (2) den Winkel α einschließen und im Abformwerkzeug durchgehende Kanäle bilden.
4. Abformwerkzeug nach Anspruch 3, bei dem die Lamellen (1) mittels Stiften, die durch die Kanäle verlaufen, miteinander verbunden sind.
5. Abformwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, das in einen quaderförmigen Rahmen eingespannt ist.

- 17 -

6. Verfahren zur Herstellung des Abformwerkzeugs gemäß Anspruch 1 mit den Schritten:
- a) aus einer Anzahl von Lamellen (1) einer Dicke d mit planen Seitenflächen (2) und einer geraden Kante (3) wird ein Stapel gebildet in der Weise, daß die Seitenflächen (2) der Lamellen (1) aneinanderstoßen und die geraden Kanten (3) aller Lamellen (1) eine ebene Fläche (4) bilden;
 - b) in die ebene Fläche (4) werden senkrecht zu den Seitenflächen (2) mit einem keilförmigen Diamanten, dessen Keilwinkel 90° beträgt, parallele, aneinander angrenzende Nuten (5) einer Breite $b = d \sqrt{2}$ eingefräst, so daß rechtwinklige Dreiecksnuten (5) entstehen, die durch Stege (6) voneinander getrennt sind;
 - c) jede zweite Lamelle (1a) wird relativ zu den benachbarten Lamellen (1b) in der Weise um die halbe Breite b verschoben, daß deren Dreiecksnuten (5) und die Stege (6) der benachbarten Lamellen (1b) jeweils symmetrisch in einer gemeinsamen Ebene liegen;
 - d) alle Lamellen (1) werden in der gemeinsamen Ebene auf die Weise gekippt, daß die Stege (6) mit der ursprünglichen, gemäß Schritt a) aus den geraden Kanten (3) gebildeten Fläche (4) den Winkel α einschließen;
 - e) die Lamellen (1) werden in dieser Position miteinander verbunden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem Lamellen (1) mit einer Dicke von weniger als $500 \mu\text{m}$ eingesetzt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem Lamellen (1) eingesetzt werden, bei denen durch die Seitenflächen (2) parallel zu der gemeinsamen Ebene mindestens zwei Bohrungen (7) geführt sind, die mit den Seitenflächen (2) einen Winkel von $54,736^\circ$ einschließen und die nach Durchführung von Schritt d) durchgehende Kanäle bilden.

- 18 -

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Lamellen (1) über Stifte, die paßgenau in die Kanäle eingesetzt werden, fest miteinander verbunden werden.
10. Tripelspiegel, bei dem Strukturelemente zweidimensional periodisch aneinandergereiht sind, wobei jedes Strukturelement aus drei aneinanderstoßenden Flächen eines Würfels besteht, dessen Raumdiagonale senkrecht zu der Ebene ausgerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Kantenlänge des Würfels weniger als 500 μm beträgt.
11. Tripelspiegel nach Anspruch 10, bestehend aus einem blanken Metall.
12. Tripelspiegel nach Anspruch 10, bestehend aus einem Kunststoff.
13. Tripelspiegel nach Anspruch 12, bestehend aus Polymethylmethacrylat (PMMA).
14. Tripelspiegel nach einem der Ansprüche 10 bis 13 in Form einer weniger als 1000 μm dicken Folie.

1/4

Fig. 1

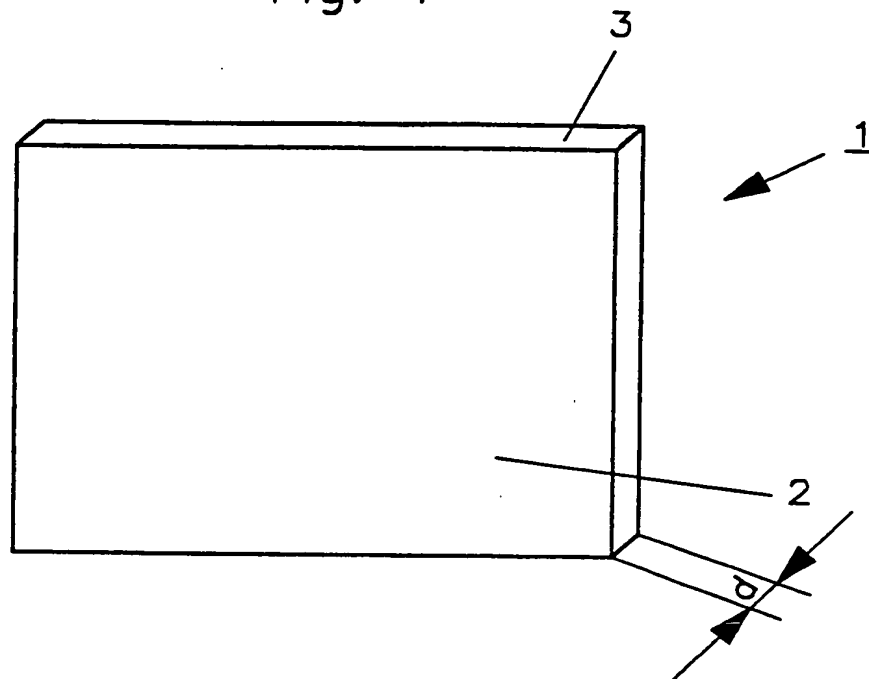


Fig. 2

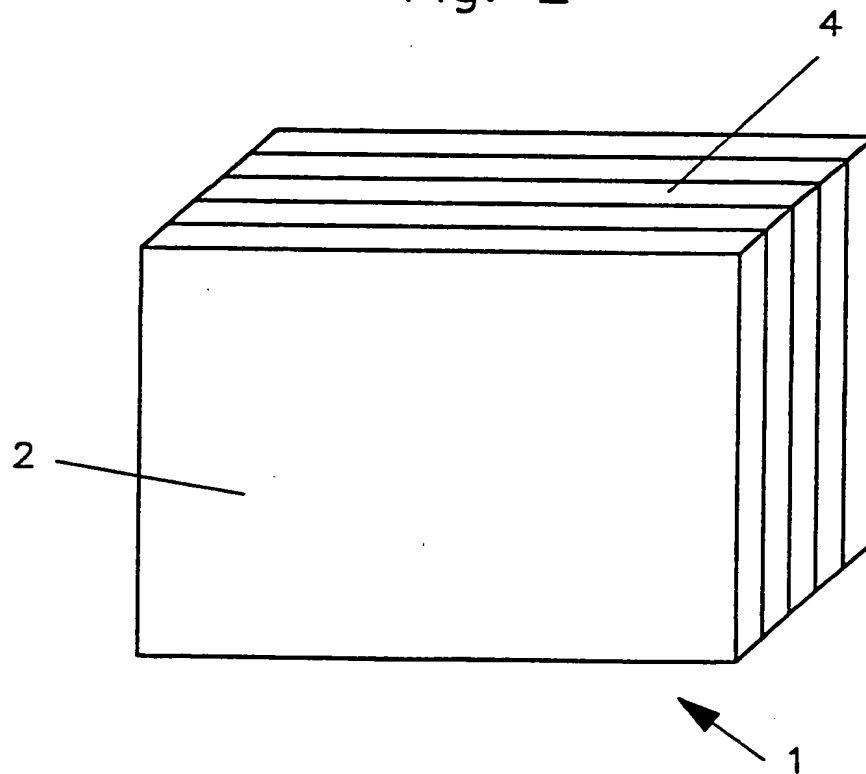


Fig. 3

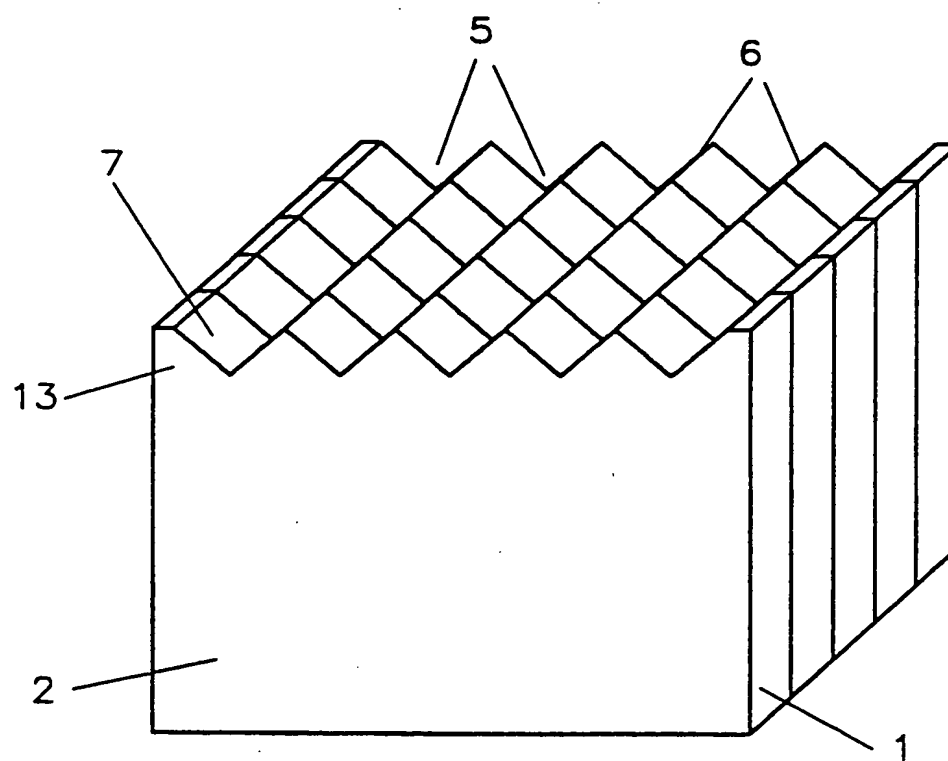


Fig. 4

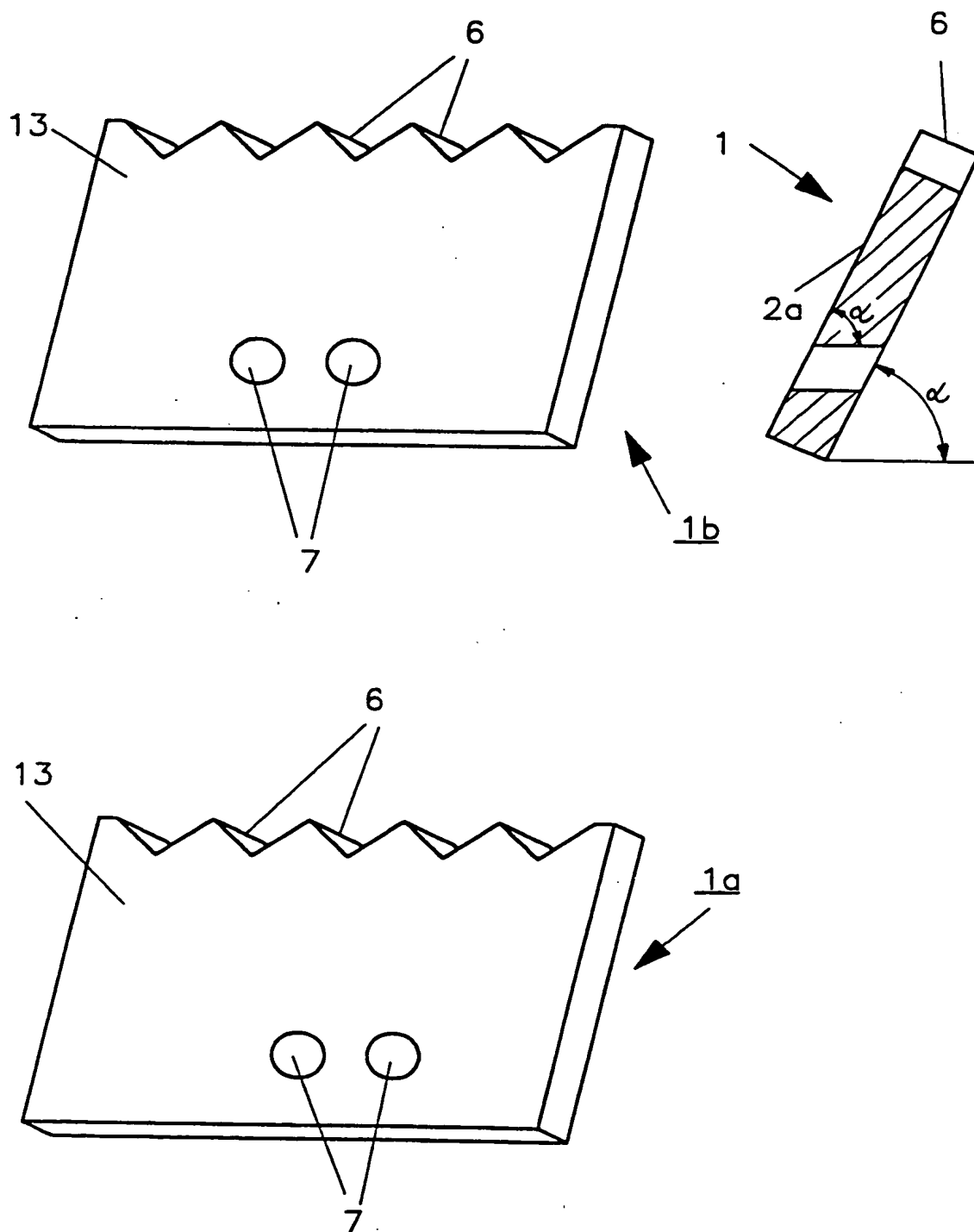
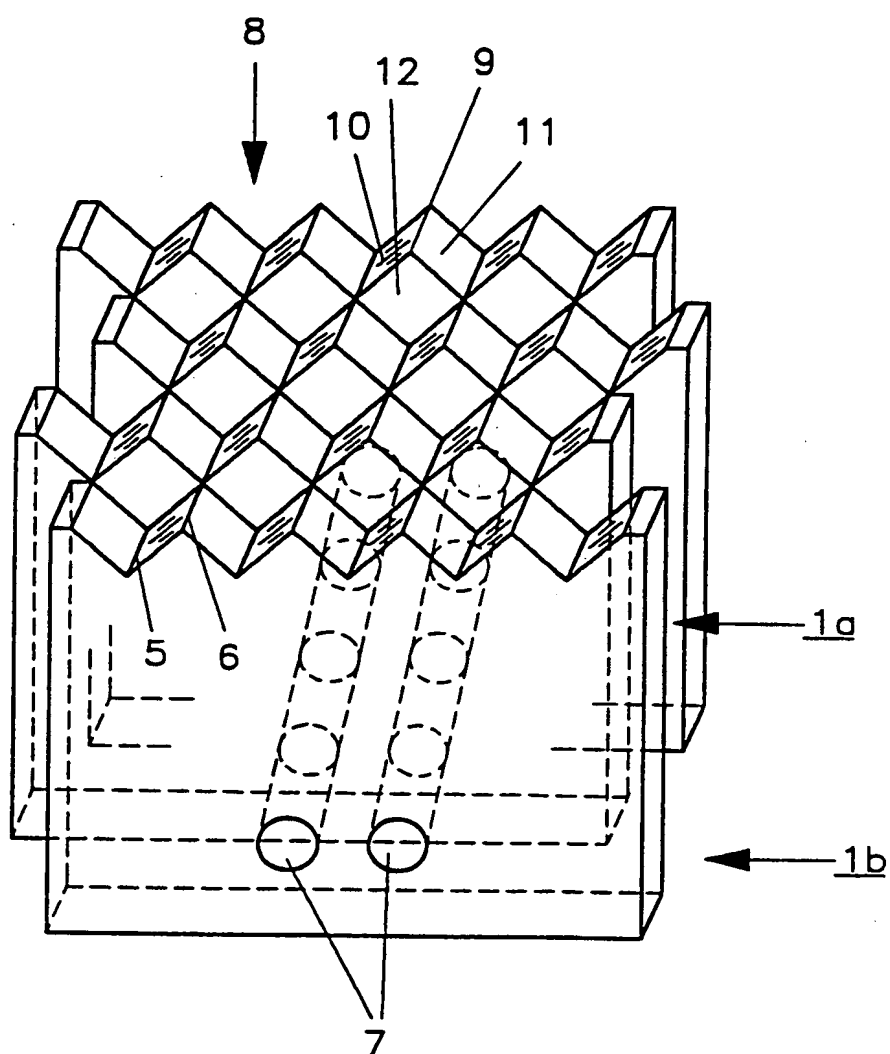


Fig. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP93/01868

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.⁵ G02B5/124

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁵ G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE, A, 1 917 292 (HANS HILLESHEIM) 15 October 1970 see claims 1,3,4; figures 10,11 see page 4, line 7 - line 34	1,5,6
Y	--	2
Y	EP, A, 0 356 005 (MINNESOTA MINIG AND MANUFACTURING COMPANY) 28 February 1990 see abstract; claim 12; figure 2 see page 6, line 34 - line 44	2
A	--	10
	--/	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

- **Special categories of cited documents:**

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combinations being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 October 1993 (22.10.93)

Date of mailing of the international search report

24 November 1993 (22.11.93)

Name and mailing address of the ISA/

EUROPEAN PATENT OFFICE
Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP93/01868

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 3 922 065 (T.E.SCHULTZ) 25 November 1975 see abstract; figures 1,10,11,13 see column 5, line 41 - line 49 --	1,10
A	US, A, 4 189 209 (J.H.HEASLEY) 19 February 1980 see abstract; claims 1-3; figure 5 see column 5, line 35 - line 45 -----	1,10

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

EP 9301868
SA 76771

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 22/10/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A-1917292	15-10-70	None	
EP-A-0356005	28-02-90	US-A- 4895428 AU-B- 618615 AU-A- 3891189 JP-A- 2085884	23-01-90 02-01-92 01-02-90 27-03-90
US-A-3922065	25-11-75	None	
US-A-4189209	19-02-80	None	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 93/01868

I. KLASSEFIZIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Kl. 5 G02B5/124		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	G02B	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art. ^o	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
X	DE,A,1 917 292 (HANS HILLESHEIM) 15. Oktober 1970 siehe Ansprüche 1,3,4; Abbildungen 10,11 siehe Seite 4, Zeile 7 - Zeile 34	1,5,6
Y	---	2
Y	EP,A,0 356 005 (MINNESOTA MINIG AND MANUFACTURING COMPANY) 28. Februar 1990 siehe Zusammenfassung; Anspruch 12; Abbildung 2 siehe Seite 6, Zeile 34 - Zeile 44	2
A	---	10
	---	-/--
^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen ¹⁰ : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
IV. BESCHIEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
22. OKTOBER 1993	24.11.93	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	VAN DOREMALEN J.C.	

III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,3 922 065 (T.E.SCHULTZ) 25. November 1975 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,10,11,13 siehe Spalte 5, Zeile 41 - Zeile 49 ---	1,10
A	US,A,4 189 209 (J.H.HEASLEY) 19. Februar 1980 siehe Zusammenfassung; Ansprüche 1-3; Abbildung 5 siehe Spalte 5, Zeile 35 - Zeile 45 -----	1,10

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 9301868
SA 76771

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22/10/93

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A-1917292	15-10-70	Keine	
EP-A-0356005	28-02-90	US-A- 4895428 AU-B- 618615 AU-A- 3891189 JP-A- 2085884	23-01-90 02-01-92 01-02-90 27-03-90
US-A-3922065	25-11-75	Keine	
US-A-4189209	19-02-80	Keine	